

VŠB-Technická Univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh přesypu plovoucí pásové dopravy
pro odtěžení štěrkopísku

The System Design of the Transfer Point of a Floating Rubber
Belt Conveyer Line for Ballast Mucking

Student:

Vladislav Poledník

Vedoucí bakalářské práce:

doc.Ing. Leopold Hrabovský, CSc.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Vladislav Poledník**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma: **Návrh přesypu plovoucích pásové dopravy pro odtěžení štěrkopísku**
The System Design of the Transfer Point of a Floating Rubber Belt
Conveyer Line for Ballast Mucking

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši možných alternativ přesypů navazujících pásových dopravníků (PD) s možností změny vzájemné polohy dopravníků v horizontální rovině a výběr nejvhodnější varianty.
2. Navrhnete přesyp pro plovoucí pásovou dopravu (PPD) na odtěžení štěrkopísku sypné hmotnosti 2100 kg/m³. Dopravovaný výkon $Q = 80$ t/h, délka dopravy $L = 75$ m. PPD trasa sestává ze tří sekcí PD (každý délky 25 m), které spojují plovoucí korečkový bagr s nábrežním PD.
3. Proveďte projekční návrh pásového dopravníku a konstrukční návrh otočného přesypu.
4. Proveďte potřebné technologické a pevnostní výpočty.

Seznam doporučené odborné literatury:

POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLIŠKA, J., HRABOVSKÝ, L.: Dopravní a manipulační zařízení II., OSTRAVA: VŠB-TU OSTRAVA, 2003, ISBN 80-248-0493-X.
ŽÁDNÍK, B.: Stavba a opravy lodí, PRAHA: NADAS, 1980.
CVEKL, Z. DRAŽAN, F.: Teoretické základy transportních zařízení, Praha: SNTL/ALFA, Praha, 1976.
JURENKA, V., HUBERT, M., BÍLÝ, P.: Stavba a opravy lodí, PRAHA: NADAS, 1964.
DRAŽAN, F., KUPKA, L. A KOL.: Transportní zařízení. PRAHA: SNTL/SVTL, 1966.
Příslušné normy z oblasti transportních zařízení.
Prospekty, firemní materiály a informace z internetu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012

Klaudio Hlaváč
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 5. 2012


.....

podpis

Vladislav POLEDNÍK

Na Vyhlídce 3188

Frýdek - Místek, 738 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POLENÍK, V. Návrh Přesypu plovoucí pásové dopravy pro odtěžení štěrkopísku: bakalářská práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 46 s. Vedoucí práce: doc.Ing. Leopold Hrabovský,CSc.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem přesypu plovoucí pásové dopravy pro odtěžení štěrkopísku ze dna. V úvodní části bakalářské práce je zpracována rešerše popisující alternativy přesypů navazujících pásových dopravníků s možností změny vzájemné polohy dopravníků v horizontální rovině a výběr nejvhodnější varianty. V další části bakalářské práce je proveden návrh přesypu pro plovoucí pásový dopravník na odtěžení štěrkopísku sypné hmotnosti $2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ s dopravním výkonem $80\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$. Dopravní trasa materiálu je 75m. Tato trasa je rozdělena do tří sekcí pásových dopravníků a spojuje plovoucí korečkový bagr s nábřežím. Ve třetí části jsou provedeny technologické a pevnostní výpočty. Závěrem bakalářské práce je uveden přehled a shrnutí dosažených výsledků. V samostatné příloze bakalářské práce je uveden projekční návrh pásového dopravníku a konstrukční návrh otočného přesypu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

POLENÍK, V. The System Design of the Transfer Point of a Floating Rubber Belt Conveyer Line for Ballast Mucking. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 46 s. Thesis head: doc.Ing. Leopold Hrabovský,CSc.

The bachelor thesis is dealing with the system design of the transfer point of a floating rubber belt conveyer line for ballast mucking. At the beginning of the thesis, there is works up the theoretical part whith alternative follow up the transfer point of a rubber belt conveyers with posibility changes relative positions of the conveyor in horizontal plane and selecting the best alternative solution. In another part of the thesis is made the proposal of a transfer point for floating belt conveyer for Ballast Mucking bulk density $2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ whith traffic output $80 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. The transport line material is 75 m long. This route is divided into three sections and connects the floating dredger with the embankment. In the third part are conducted technological and strength reckoning. At the end of the thesis provides an overview and summary of results. In a separate annex thesis is given projectional design belt conveyor and constuctional design transfer point of rotary.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....	7
1 ÚVOD.....	11
2 ALTERNATIVY PŘESYPŮ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ.....	12
2.1 ROZDĚLENÍ PŘESYPŮ	12
2.2 ČÁSTI PŘESYPU	14
2.3 VOLBA PŘESYPU A JEHO KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY	14
3 NÁVRH A VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	18
3.1 VÝPOČET PRŮŘEZU NÁPLNĚ HLADKÉHO DOPRAVNÍHO PÁSU.....	19
3.2 VÝPOČET POHONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU.....	21
3.3 SÍLY PŮSOBÍCÍ NA PÁSOVÝ DOPRAVNÍK.....	25
3.4 VÝPOČET KONTROL PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	27
4 PLOVATELNOST A STABILITA PLOVOUCÍHO PŘESYPU.....	30
4.1 PLOVATELNOST	30
4.2 STABILITA.....	34
5 ZÁVĚR.....	44
6 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....	46
7 SEZNAM PŘÍLOH.....	47

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

A_c	plocha přitlaku čističe na pás	$[m^2]$
B	šířka dopravního pásu	$[m]$
b_1	Využitá ložná šířka pásu	$[m]$
d_0	průměr hřídele bubnu	$[m^2]$
D_b	průměr bubnu	$[m]$
D_{Bmin}	minimální průměr bubnu	$[m]$
d_{hv}	průměr válečku	$[m]$
d_{max}	maximální průměr přepravovaného materiálu	$[m]$
e	Eulerova konstanta	$[-]$
F	obvodová síla na poháněcím bubnu	$[N]$
f	globální součinitel tření	$[-]$
F_0	odbíhající síla	$[N]$
F_1	síla tvořena hlavními odpory	$[N]$
F_2	síla potřebná k překonání dopravní výšky	$[N]$
F_B	odpor v ohybu pásu na bubnu	$[N]$
f_c	odporová konstanta čističe pásu	$[-]$
F_c	odpor čističe pásu	$[N]$
F_c	odpor čističe	$[N]$
F_{dov}	maximální dovolené síly namáhající dopravní pás	$[N]$
F_{max}	obvodová síla na poháněcím bubnu	$[N]$
F_n	nabíhající síla	$[N]$
F_{n1}	odpor setrvačných sil v místě nakládání a urychlování	$[N]$
F_{nmax}	maximální nabíhající síla	$[N]$
F_{ns}	skutečná síla nabíhající	$[N]$
F_{nSmax}	skutečná síla nabíhající maximální	$[N]$
F_{nSmin}	skutečná síla nabíhající minimální	$[N]$
F_{OSmax}	skutečná síla odbíhající maximální	$[N]$
F_{OSmin}	skutečná síla odbíhající minimální	$[N]$
F_p	přídavné a vedlejší odpory	$[N]$
F_{so}	skutečná síla odbíhající	$[N]$
F_t	odpor v ložiskách bubnu	$[N]$
F_{vmax}	maximální vztlková síla	$[N]$
F_{VZ}	vztlková síla	$[N]$
F_Z	napínací síla	$[N]$

g	gravitační zrychlení	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$
MG	vzdálenost metacentra od těžiště	$[\text{m}]$
G_L	tíhová síla	$[\text{N}]$
h	rameno stability	$[\text{m}]$
H_D	překonávaná výška	$[\text{m}]$
h_p	tloušťka pásu	$[\text{m}]$
I_p	převodový poměr převodovky	$[-]$
J_b	moment setrvačnosti všech bubnů dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$
J_M	moment setrvačnosti motoru	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$
J_p	moment setrvačnosti převodovky	$[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$
k	korekční součinitel sklonu	$[-]$
k_1	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu	$[\text{N}]$
k_B	součinitel bezpečnosti brzdy	$[-]$
k_s	statická bezpečnost vypočtená	$[-]$
$k_{s\min}$	minimální statická bezpečnost	$[-]$
k_φ	koeficient plnění	$[-]$
L	délka celé dopravní tratě	$[\text{m}]$
L_D	délka pásového dopravníků	$[\text{m}]$
L_{hv}	ložná délka válečku	$[\text{m}]$
L_{hv2}	délka válečku us.hřídele	$[\text{m}]$
l_s	délka středního válečku	$[\text{m}]$
M_0	moment pro 1° náklonu	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
M_B	moment použité brzdy	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
M_{B1}	brzdny moment potřebný k zastavení dopravníku	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
M_{B2}	brzdny moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
MC	vzdálenost metacentra od výtlaku	$[\text{m}]$
m_D	hmotnost dopravníku	$[\text{kg}]$
M_{DM}	dyn. moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot PD	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
GC	vzdálenost těžiště od výtlaku	$[\text{m}]$
m_K	hmotnost komory	$[\text{kg}]$
M_K	klopny moment	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
M_L	celkové zatížení působící na plováky	$[\text{kg}]$
M_M	jmenovitý moment elektromotoru	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
m_M	hmotnost elektromotoru	$[\text{kg}]$
m_m	hmotnost materiálu na dopravníku	$[\text{kg}]$
m_p	měrná hmotnost dopravního pásu	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$

m_P	hmotnost plovoucího přesypu	[kg]
m_{PR}	hmotnost příslušenství plovoucího přesypu	[kg]
M_R	rozběhový moment motoru	[N·m]
M_{SM}	stat.mom. od zatížení dopr.redukovaný na hřídel motoru	[N·m]
m_v	měrná hmotnost rotujících částí válečků	[kg·m ⁻¹]
M_V	vratný moment	[N·m]
m_{vh}	hmotnost rotujících částí válečku horní větve	[kg]
m_{vs}	hmotnost rotujících částí válečku spodní větve	[kg]
n_B	počet brzd	[-]
n_e	počet použitých motorů	[-]
n_M	otáčky elektromotoru	[ot·s ⁻¹]
n_{vh}	počet válečků horní větve	[-]
n_{vs}	počet válečků spodní větve	[-]
p	měrný tlak mezi dopravním pásem a bubnem	[Pa]
P	provozní výkon pohonu dopravního pásu	[W]
p_c	přítlak čističe na pás	[Pa]
P_d	volený elektromotor s příkonem	[W]
p_{dov}	povolený měrný tlak mezi dopravním pásem a bubnem	[Pa]
P_M	příkon jednoho el.motoru	[W]
q	měrná hmotnost dopravovaného materiálu	[kg·m ⁻¹]
Q	hmotnostní dopravování výkon	[kg·s ⁻¹]
Q_v	objemový dopravování výkon	[m ³ ·s ⁻¹]
R_b	poloměr bubnu	[m]
S_1	Horní průřez pás. dopravníku	[m ²]
S_2	Spodní průřez pás. dopravníku	[m ²]
S_B	plocha ponořené boční stěny	[m ²]
S_k	Korekce plochy ke sklonu pásu	[-]
S_K	plocha použitého materiálu na komoře	[m ²]
S_L	plocha levého ponořeného plováku	[m ²]
S_p	Požadovaný průřez náplně pásu	[m ²]
S_P	plocha pravého ponořeného plováku	[m ²]
S_V	plocha dna plováku	[m ²]
t_1	rozteč podpěr horní větve	[m]
T_{1-6}	výška ponoru stran plováků	[m]
t_2	rozteč podpěr spodní větve	[m]

T_A	napínací síla horního pásu	[N]
t_B	doba brždění dopravníku	[s]
T_B	napínací síla dolního pásu	[N]
T_{\max}	maximální působící síla na dopravní pás	[N]
v	rychlost dopravníku	[m·s ⁻¹]
v_0	rychlost dopr.materiálu ve směru pohybu	[m·s ⁻¹]
V_V	objem vytlačené kapaliny plováky	[m ⁻³]
V_{\max}	maximální možný objem vytlačené kapaliny	[m ⁻³]
w	měrný pohybový odpor dopravníku	[-]
x	xsová souřadnice	[m]
y	ylonová souřadnice	[m]
y_{\max}	koeficient povoleného průvěsu	[-]
z	zetová souřadnice	[m]
ZG	vzdálenost těžiště od dna	[m]
ZM	vzdálenost metacentra od dna	[m]
z_{pal}	výška paluby k hladině	[m]
z_V	výška ponoru	[m]
α	úhel náklonu plováků	[°]
α_G	geometrický úhel opášení	[°]
β	úhel sklonu bočních válečků	[°]
γ	úhel klidu	[°]
ε	průměrný úhel sklonu dopravníku	[°]
η	účinnost poháněcí stanice	[-]
μ	součinitel tření mezi tažným prvem a povrchem bubnu	[-]
μ_3	součinitel tření mezi pásem a čističem	[-]
π	Ruolfovo číslo	[-]
ρ_s	sypná hmotnost materiálu	[kg·m ⁻³]
ρ_S	objemová hmotnost materiálu	[kg·m ⁻³]
ρ_v	objemová hmotnost vody	[kg·m ⁻³]
σ_{dov}	Povolené namáhání dopravního pásu	[N·mm ⁻¹]
ψ_d	dynamický sypný úhel materiálu	[°]
ω	úhlová rychlost poháněcího bubnu	[ot·s ⁻¹]

1 ÚVOD

Poptávka po nerostných surovinách a potřeba optimalizace provozu při jejich dobývání vzrostly tak, že jejich odvod přerušovanou dopravou se stal nedostačující. Proto při hlubinné, povrchové a plovoucí těžbě surovin má velké zastoupení využití dopravníků.

Doprava při těžbě surovin sypkého a kusovitého stavu (štěrků a písků) ze dna z místa odtěžení plovoucími bagry se původně realizovala loďmi a vlečnými čluny, které dopravovaly vytěžený materiál k pobřežním úpravám a třídárnám, byla nahrazena plynulou plovoucí pásovou dopravou. Tyto dopravníky jsou uloženy na plovácích od plovoucího bagru v kuse až na břeh obr. 1.1. Jelikož těžební zařízení nejsou stacionární, ale pohybují se po trasách při dobývání surovin ze dna, není možno pro delší vzdálenosti využívat jednoho pásového dopravníku, z důvodu své konstrukce, náročnosti na váhu a potřeby efektivnější pohyblivosti bagru. Trasy pohybu plovoucího bagru jsou v řádech desítek až stovek metrů. Z těchto důvodů je třeba používat pro přepravu materiálu z větších vzdáleností soustavu z více sekcí pásových dopravníků s možností vzájemné vertikální změny polohy mezi těmito jednotlivými sekcemi dopravníků. Doprava materiálu mezi jednotlivými sekcemi pásových dopravníků je zajišťována přesypy.



Obr.1.1 Plovoucí pásové dopravníky na plovácích

Z legislativního hlediska jsou plovoucí pásové dopravníky plovoucí technické zařízení, které spadají do gesce Státní plavební správy a z hlediska těžby Českému báňskému úřadu. Současné normy a předpisy pro provoz plovoucích zařízení se o takovém zařízení konkrétně nezmiňují, jsou tedy projektována i přes svá provozní specifika jako lodě.

Obsahem této práce je navržení vhodného řešení přesypu navazujících plovoucích pásových dopravníků s možností změny vzájemné polohy dopravníků v horizontální rovině pro odtěžení štěrkopísku. Výpočet vlastností dopravy materiálů. Potřebné technologické a pevnostní výpočty. Součástí práce je také projekční návrh plovoucího pásového dopravníku, konstrukční návrh otočného přesypu.

2 ALTERNATIVY PŘESYPŮ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Přesyp je součást, která je umístěna mezi jednotlivými sekcemi pásových dopravníků, kde z jednoho pásového dopravníku přepadává materiál na druhý. Přesyp je místo na kterém dochází k nejčastějším poruchám pásové dopravy. Z tohoto důvodu je důležité pro danou pásovou dopravu použít správný typ přesypu. Základní požadavky kladené na přesyp pro plovoucí pásový dopravník jsou jeho funkčnost. Při nesprávném návrhu přesypu může v místě přepadávaného materiálu, který mění svůj směr, polohu a rychlost docházet k těmto nežádoucím účinkům:

- k nalepování přepravovaného materiálu a vzniku ucpaní a závalů,
- k poškození přesypu a dopravního pásu v důsledku průrazu a otěru,
- k zahlcení způsobenému většími částmi jako např. velkými kusy, zmrzky, cizími tělesy, nebo ztrátou rychlosti dalšího dopravníku,
- k poškození těživa destrukcí, které ztratí na své kvalitě,
- k přepadávání dopravovaného materiálu mimo dopravní pás,
- k zvýšené hlučnosti a prašnosti.

Výše uvedené nežádoucí účinky se zvětšují se zvětšující se dopravní rychlostí materiálu. Pro jejich eliminaci, které vznikají v místě přesypu, se využívají doplňkové zařízení, jako jsou např. podavače, zhuštěné válečky (válečky kotoučové) jejichž povrch je pružný, tyčové rošty, dopadové stolice a různých typů skluzů. Dále se dá velikost rozptylu trajektorií těživa snížit u lepidelného těživa použitím tangenciálního stěrače, u kusovitého zmenšením deformace pásu huštěním podpěrných válečků u předávacího bubnu nebo zvýšením tuhosti pásu [1].

2.1 ROZDĚLENÍ PŘESYPŮ

Přesypy můžeme dělit podle typu dopravních tratí na přesypy pro stacionární dopravní tratě a pohyblivé dopravní tratě, přestavitelné. Dále je rozdělujeme dle dispozice na přímé a úhlové. Pro stacionární dopravní trasy se využívají přesypy přímé a přesypy s bočním výhozem. Pro pohyblivé dopravní tratě, kde dochází k pohybu těžícího zařízení a s tím i souvisejícím pohybem dopravní trasy od místa těžby až na místo výsypky se používají přesypy otočné (kloubové). Tyto přesypy umožňují plynulou dopravu

přepravovaného materiálu na jednotlivých dopravních sekcích při pohybu v horizontální rovině v závislosti na potřebě změny trasy dopravovaného materiálu v důsledku pohybu těžebního zařízení.

U plovoucí pásové dopravy se využívají dva druhy nosné konstrukce dopravníků a s tím i použitých plováků. Dle použitých druhů plováků jsou i rozdílné způsoby spojení jednotlivých sekcí dopravníků a jejich vzájemného způsobu převádění materiálů přes přesypy:

a) Pásový dopravník uložený na průběžných plovácích pod celou délkou pásového dopravníku. Nosnou konstrukci tvoří spodní spojovací část dvou řad trubkových plováků umístěných vedle sebe v délce, na níž jsou dále upevněné válečkové stolice a další zařízení. Dopravník je pevnou součástí plovoucího tělesa. Hlavní výhodou tohoto řešení je, že nemůže dojít při poruše k utonutí dopravníku. Spojení mezi jednotlivými sekcemi dopravníků je řešeno pohyblivým kloubem, který umožňuje pohyb ve dvou rovinách horizontální i vertikální (např. kardanovým křížem, nebo použitím otoč. čepového spoje). U tohoto provedení dopravníku je středová část přesypu pevně spojená s dopravníkem (horním či dolním). Nevýhodou tohoto řešení je odpor plochy mezi podélnými plováky a vodou, který musí překonávat dopravník při pohybu. Pro překonávání tohoto odporu musí být samotná konstrukce robustní, což vede k navýšení hmotnosti celého zařízení.

b) Pásový dopravník s koncovými plováky přesypu. Nosnou část dopravníku tvoří samostatná příhradová konstrukce, na kterou jsou připevněny jednotlivé součásti dopravníku. Tato konstrukce je na svých koncích přichycena čepy k plovoucímu otočnému přesypu. Přesyp je spojen s plovoucími komorami. Vertikální pohyb mezi jednotlivými sekcemi dopravníků je tvořen středovou částí přesypu, která je tvořena ze dvou na sobě položených otočných částí. Výhodou tohoto řešení je lehká příhradová konstrukce dopravníku a nižší třecí plocha mezi plovákem a vodou. Nevýhodou tohoto řešení je možnost utonutí rozpojené části bez plováku.

2.2 ČÁSTI PŘESYPU

Přesypy jsou tvořeny z těchto částí:

- **Horní část přesypu** začíná v místě náběhu pásu na předávací buben zde se materiál odpoutá od dopravního pásu po dráze paraboly šikmého pásu (rovnice šikmého vrhu). Vyšší dopravní rychlosti vedou k velkému rozptylu trajektorie materiálu. V tomto místě může docházet u lepivého nebo přimrzlého materiálu, který je na páse k opožděnému oddělení od pásu. U kusovitého přepravovaného materiálu dochází k dřívějšímu oddělení materiálu od pásu.
- **Střední část přesypu** vede tok přepravovaného materiálu např. tlumícím štítem. Při dopravě materiálů na dopravních pásích s vyšší a vysokou rychlostí u úhlových přesypů je třeba snížit příčnou složku rychlosti přepravovaného materiálu tlumícími štíty. U převážné části těžných materiálů se volí dopadová rychlost na tlumící štít pod úhlem $\varphi \geq 30^\circ$. Pod tímto úhlem dojde ke snížení nalepování a dynamických účinků kusovitého materiálu.
- **Spodní část přesypu** je místo kde dopadá materiál z horního dopravníku. Zde dochází k největším nežádoucím účinkům na dopravníku. Spodní části přesypu musí zajistit uchycení těživa, utlumení rázové energie, zklidnění materiálu, snížení opotřebení pásu a utěsnění.

2.3 VOLBA PŘESYPU A JEHO KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY

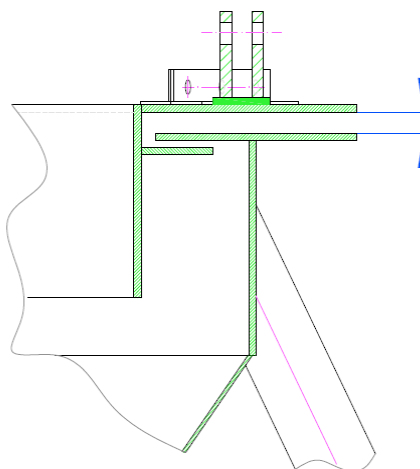
Při návrhu přesypu v této práci budu vycházet z varianty, kde je dopravník řešen jako samostatná příhradová konstrukce uložená na přesypu, ten je umístěn na dvou plovoucích komorách. Spojení dopravníků s plovoucím přesypem bude navrženo tak, aby bylo zajištěno optimální působení sil na plováky, pro zajištění lepší stability soustavy dopravníků.

U dnes používaných přesypů pro plovoucí pásovou dopravu tohoto typu se střední část přesypu skládá ze dvou částí do sebe volně z vrchu zasunutých, horního a spodního dílu. Toto řešení zajišťuje vertikální pohyb jednotlivých sekcí pásových dopravníků. Nevýhodou tohoto řešení je, že může dojít při pohybu dopravníku k vyklouznutí horního dílce přesypu ze spodního z důvodu zvýšeného odporu jednotlivých sekcí pásových dopravníků vůči tažné síle plovacího bagru. Což vede k rozpojení přesypu a k pádu do

vody té části dopravníku, která byla spojena s horním dílcem přesypu a vsunuta do spodní části přesypu umístěné na plovoucích komorách. Jelikož dopravníky nejsou konstruovány tak, aby při rozpojení a dopadu na hladinu plovaly, dochází k jejich potopení. Na jejich zpětné vyzdvižení a usazení zpět na spodní díl přesypu ze dna je zapotřebí řešit jeřábem a pro případné zaháknutí i manipulaci pod vodou. Což může být časově zdlouhavé a finančně náročné. Při rozpojení jednotlivých sekcí může dále dojít při pádu k mechanickému poškození konstrukce dopravníku svojí vahou.

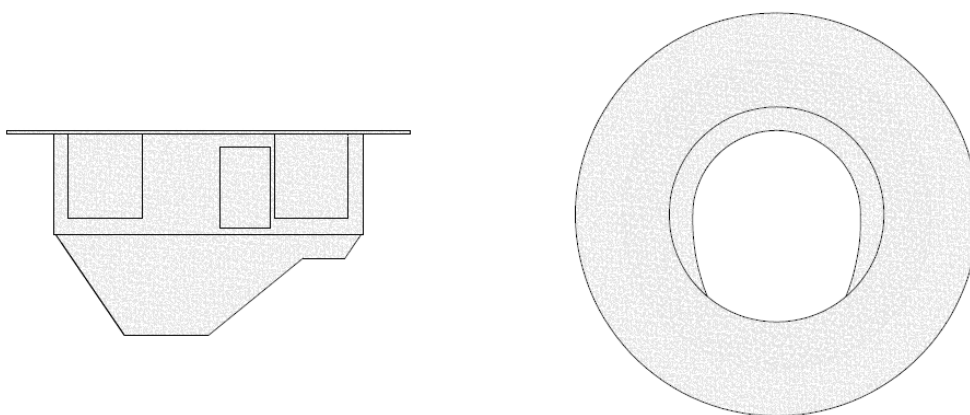
V současnosti se pro plynulý chod plovoucích pásových dopravníků využívá různých čidel či senzorů pohybu či vychýlení, dále pro zamezení vniknutí velkých kusů ledů či slepenců do prostoru přesypu, které by měly za následek ucpání přesypu a hromadění dopravovaného materiálu na přesypu se využívají síťové rošty s hmotnostním čidlem na začátku dopravní rasy u bagru. Tyto čidla upozorní obsluhu na vzniklou poruchu, případně zařízení odstaví do doby než obsluha odstraní vzniklou závadu.

Pro zabránění rozpojení spodního a horního dílu přesypu a zároveň zajištění vertikálního pohybu jednotlivých sekcí dopravníků v návrhu konstrukce horního a spodního dílu přesypu pro plovoucí pásový dopravník je navržen zámek obr. 2.1, který svou konstrukcí zamezí vysmeknutí horního dílu ze spodního a zajišťuje horizontální pohyb. Tento zámek se skládá ze dvou prstenců, které se vzájemně překrývají. Horní prstenec, který je součástí spodního dílu otoče přesypu, zabraňuje vysmeknutí spodnímu prstenci, který je součástí horního dílu otoče přesypu aby se vysmeknul. Tato konstrukční úprava přesypů plovoucích pásových dopravníků nijak nesnižuje a neomezuje jejich pohyblivost.

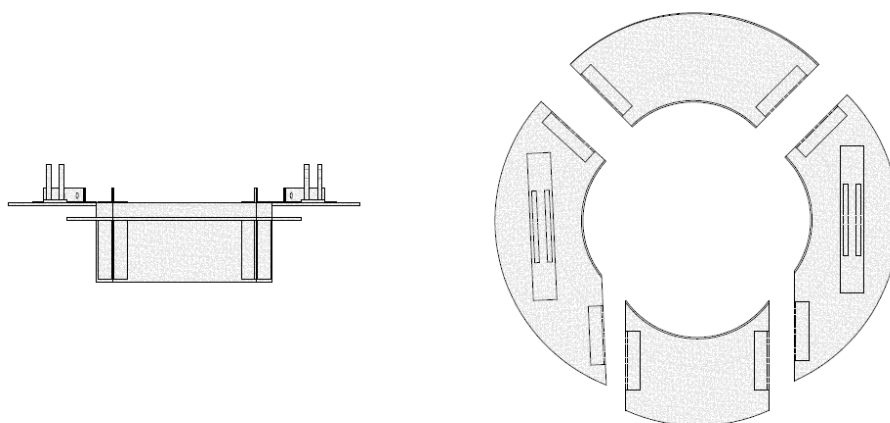


Obr. 2.1 Vůle mezi spodním a horním dílem přesypu

Pro možnost uložení jednotlivých dílů přesypu do sebe je navržen horní díl přesypu jako rozebíratelný-spojný z více částí obr. 2.3. V místě rozdělení horního dílu přesypu jsou navrženy packy s otvory do kterých přijdou šrouby, které zajišťují zpětné smontování horního dílu po vložení do spodního dílu přesypu. Ve spodním dílu přesypu jsou umístěny montážní otvory obr. 2.2, přes které dojde k montáži šroubů na bočních packách horního dílu přesypu. Toto řešení zajistí pevné zpětné spojení horního dílu a zabrání vysmeknutí ze spodního dílu v případě překonávání odporů při pohybu jednotlivých sekcí dopravníků.



Obr. 2.2 Spodní díl otoče



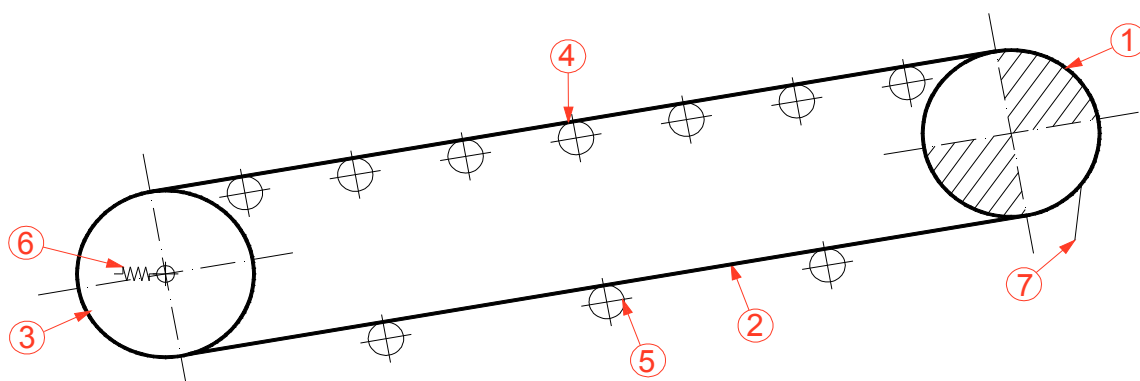
Obr. 2.3 Horní díl otoče

Konstrukce dílů otoče přesypu je navržena tak, aby její opětovné rozebrání a smontování bylo možné přímo na místě s využitím minimálních požadavků na montáž. Toto řešení však nezabrání mechanickému poškození otoče a jednotlivých dopravníků, ke kterému může dojít z důvodu vyvinutí tažné síly plovoucím bagrem a v návaznosti na odpor dopravní trasy z důvodu zablokování některé její sekce např. v zamrznutém ledě.

Pro zajištění lepší stability byla snížena výška konstrukce přesypu, tak aby byl prostor mezi přesypem a spodním dopravníkem co nejmenší. Touto úpravou došlo k snížení výšky těžiště přesypu od hladiny což vede k lepší stabilitě soustavy pásových dopravníků. Dále spodní díl byl trychtýřovitě zužen, tak aby lépe vodil přiváděný materiál na spodní dopravní pás a v tomto trychtýři byl vyřezán otvor ve směru dopravy odváděného materiálu na spodním páse. Tento otvor má za úkol zvýšit průchodnost materiálu z přesypu na spodním dopravním páse a zamezit ucpání přesypu.

3 NÁVRH A VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Pro návrh pásového dopravníku jsou důležité vlastnosti přepravovaného materiálu (fyzikální a mechanické). K těmto patří zrnitost, vlhkost, měrná, objemová a sypná hmotnost, sypný úhel, soudržnost. Dalším základním kritériem pro zkonstruování pásového dopravníku je rychlost přepravovaného materiálu. Ta se volí na základě vstupních a výstupních podmínek např. rychlost nakládky, skládky. V tomto zadání je materiál přiváděn na pásový dopravník plovoucím korečkovým bagrem v pravidelných dávkách. Doprava sypkého materiálu (mokrý štěrkopísek) bude řešena pásovým dopravníkem s mírným sklonem [2-5].



Obr. 3.1 Schéma pásového dopravníku

- 1 – poháněcí stanice
- 2 – dopravní pás
- 3 – vratný buben
- 4 – válečky horní větve
- 5 – válečky spodní větve
- 6 – napínací mechanismus
- 7 – čistič pásu

3.1 VÝPOČET PRŮŘEZU NÁPLNĚ HLADKÉHO DOPRAVNÍHO PÁSU

Požadovaný průřez náplně pásu - S_p [m²]

Při návrhu požadovaného průřezu volím velikost součinitele plnění $k_\phi = 0,9$. Dále volím rychlost pásového dopravníku $v = 1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sypná hmotnost těžného štěrkopísku $\rho_s = 2100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

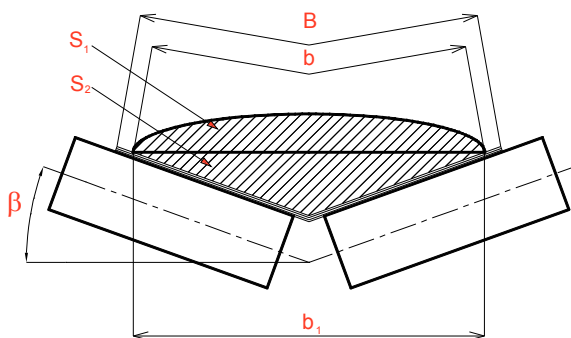
$$S_p = \frac{Q}{3,6 \cdot v \cdot \rho_s \cdot k_\phi} \quad (3.1)$$

$$S_p = \frac{80}{3,6 \cdot 1,6 \cdot 2100 \cdot 0,9} = 0,0073 \text{ m}^2$$

Skutečný průřez náplně pásu - S [m²]

$$S = S_1 + S_2 \quad (3.2)$$

$$S = 0,0121 + 0,0068 = 0,0189 \text{ m}^2$$



Obr. 3.2 Dvouválečková stolice

Pro navržený pásový dopravník jsem zvolil dopravní pás typu EP 250/2 společnosti GUMEX s níže uvedenými parametry v tab. 3.1 [6].

Název	Označení	velikost	jednotka
Šířka pásu	B	500	mm
tloušťka	h_p	6,3	mm
hmotnost	m_p	4,5	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
Min.pr.bubnu	D_{Bmin}	200	mm
pevnost	σ_{dov}	250	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$

Tab. 3.1 Parametry dopravního pásu

Horní průřez pás. dopravníku - S_1 [m^2]

Dynamický sypaný úhel pro zvolený přepravovaný materiál mokřý štěrkořisek je $\psi_d=25^\circ$.

$$S_1 = \frac{b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_d}{6} \quad (3.3)$$

$$S_1 = \frac{0,3939^2 \cdot \operatorname{tg} 25^\circ}{6} = 0,0121 \text{ m}^2$$

Spodní průřez pás. dopravníku - S_2 [m^2]

Úhel sklonu válečků v horní větvi je volen $\beta=10^\circ$.

$$S_2 = \frac{(b_1^2 - l_s^2) \cdot \operatorname{tg} \beta}{4} \quad (3.4)$$

$$S_2 = \frac{(0,3939^2 - 0^2) \cdot \operatorname{tg} 10^\circ}{4} = 0,0068 \text{ m}^2$$

Šířka kontaktu materiálu s pásem – b [m]

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (3.5)$$

$$b = 0,9 \cdot 0,5 - 0,05 = 0,4 \text{ m}$$

Využitá ložná šířka pásu - b_1 [m]

$$b_1 = b \cdot \cos \beta \quad (3.6)$$

$$b_1 = 0,4 \cdot \cos 10^\circ = 0,3939 \text{ m}$$

Korekce plochy ke sklonu pásu - S_k [m^2]

$$S_k = S \cdot k \quad (3.7)$$

$$S_k = 0,0189 \cdot 0,9944 = 0,0188 \text{ m}^2$$

Korekční součinitel sklonu - k [-]

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad (3.8)$$

$$k = 1 - \frac{0,0121}{0,0189} \cdot (1 - 0,9912) = 0,9944$$

Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu - k_1 [-]

$$k_1 = \left(\frac{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \psi_d}{1 - \cos^2 \psi_d} \right)^{0,5} \quad (3.9)$$

$$k_1 = \left(\frac{\cos^2 3,2^\circ - \cos^2 25^\circ}{1 - \cos^2 25^\circ} \right)^{0,5} = 0,9912$$

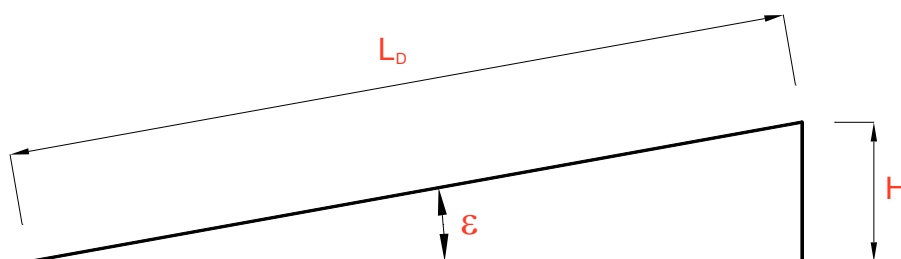
Porovnání skutečného průřezu - S_k a požadovaného průřezu - S_p

$$S_k > S_p \quad (3.10)$$

$$0,0188 \text{ m}^2 > 0,0073 \text{ m}^2$$

Podmínka byla splněna.

3.2 VÝPOČET POHONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU



Obr. 3.3 Dopravní trase materiálu na dopravníku

Pro dopravu materiálu je zadána délka dopravníku $L_D = 25 \text{ m}$. V návrhu přesypu uvažuji s převýšením $H = 1,4 \text{ m}$. Z těchto zadaných parametrů stanovím průměrný úhel stoupání ε dopravní trasy.

$$\sin \varepsilon = \frac{H}{L_D} \quad (3.11)$$

$$\varepsilon = \arcsin \frac{1,4}{25} = 3,21^\circ$$

Obvodová síla na poháněcím bubnu - F [N]

$$F = F_1 + F_2 + F_p \quad (3.12)$$

$$F = 142,5 + 190,75 + 64,565 = 397,8 \text{ N}$$

Síla tvořena hlavními odpory - F_1 [N]

$$F_1 = w \cdot L_D \cdot g \cdot ((2 \cdot m_p + q) \cdot \cos \varepsilon + m_v) \quad (3.13)$$

$$F_1 = 0,02 \cdot 25 \cdot 9,81 \cdot ((2 \cdot 4,5 + 13,89) \cdot \cos 3,21^\circ + 6,2) = 142,5 \text{ N}$$

Měrný pohybový odpor dopravníku - w [-]

f - Volím dle ČSN ISO 5048 str.7 [7]

$$w = f = 0,02$$

Měrná hmotnost rotujících částí válečků - m_v [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]

$$m_v = \frac{n_{vh} \cdot m_{vh}}{t_1} + \frac{n_{vs} \cdot m_{vs}}{t_2} \quad (3.14)$$

$$m_v = \frac{2 \cdot 2,4}{1} + \frac{1 \cdot 4,2}{3} = 6,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Pro navržený pásový dopravník volím v horní větvi dvouválečkové uspořádání se sklonem 10° . Válečky volím od společnosti Transroll jejichž parametry jsou uvedeny v tab. 3.2 tyto válečky budou rozmístněny od sebe na dopravníku ve vzdálenosti 1 m [8].

Název	Označení	velikost	jednotka
ložná délka	L_{hv}	315	mm
průměr	d_{hv}	89	mm
hmotnost rot. částí	m_{hv}	2,4	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
délka s us.hřideli	L_{hv2}	341	mm
počet válečků	n_{vh}	2	-

Tab. 3.2 Parametry horních válečků typu 89×315 / 6204

Pro spodní uložení dopravního pásu volím jednoválečkové uspořádání s válečky od společnosti Transroll jejichž vlastnosti jsou uvedeny v tab 3.3 tyto válečky budou rozmístněny od sebe na konstrukci dopravníku ve vzdálenosti 3 m [8].

Název	Označení	Velikost	jednotka
ložná délka	L_{dv}	600	mm
průměr	d_{dv}	108	mm
hmotnost rot.dílů	m_{dv}	4,2	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
délka s us.hřideli	L_{dv2}	646	mm
počet válečků	n_{dv}	1	-

Tab. 3.3 Parametry spodních válečků typu 89×600 / 6204

Měrná hmotnost dopravovaného materiálu - q [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} \quad (3.15)$$

$$q = \frac{80}{3,6 \cdot 1,6} = 13,89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Pro výpočet měrné hmotnosti dopravovaného materiálu, kterým je zadán štěrkopísek jsou v tab. 3.4 uvedeny jeho vlastnostmi.

Název	Označení	velikost	jednotka
max. průměr materiálu	d_{\max}	100	mm
Objemová hmotnost	ρ_s	2100	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Dynamický sypaný úhel	ψ_d	25	°

Tab. 3.4 Vlastnosti dopravovaného štěrkopísku

Síla potřebná k překonání dopravní výšky - F_2 [N]

$$F_2 = q \cdot H \cdot g \quad (3.16)$$

$$F_2 = 13,89 \cdot 1,4 \cdot 9,81 = 190,7 \text{ N}$$

Přídavné a vedlejší odpory - F_p [N]

$$F_p = F_{n1} + F_B + F_c + F_t \quad (3.17)$$

$$F_p = 35,6 + 13,15 + 15 + 0,85 = 64,6 \text{ N}$$

Odpor setrvačných sil v místě nakládání a urychlování - F_{n1} [N]

$$F_{n1} = q \cdot v \cdot (v - v_0) \quad (3.18)$$

$$F_{n1} = 13,89 \cdot 1,6 \cdot (1,6 - 0) = 35,6 \text{ N}$$

Odpor v ohybu pásu na bubnu - F_B [N]

$$F_B = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_z}{B} \right) \cdot \frac{h_p}{D_b} \quad (3.19)$$

$$F_B = 9 \cdot 0,5 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{2280}{0,5} \right) \cdot \frac{0,0063}{0,4} = 13,15 \text{ N}$$

Odpor v ložiskách bubnu - F_t [N]

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D_b} \cdot F_z \quad (3.20)$$

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,03}{0,4} \cdot 2280 = 0,85 \text{ N}$$

Odpor čističe dopravního pásu - F_c [N]

$$F_c = A \cdot p_c \cdot \mu_3 \quad (3.21)$$

$$F_c = 0,005 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 0,1 = 15 \text{ N}$$

Dle ČSN ISO 5048 tab. 4 volím součinitel tření mezi čističem a hladkým mokrým pásem $\mu_3 = 0,1$, dále dle tab. 3 str.13 volím přítlak čističe $p = 3 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ [7].

Provozní výkon pohonu dopravního pásu - P [kW]

$$P = \frac{F \cdot v}{10^3 \cdot \eta} \quad (3.22)$$

$$P = \frac{397,8 \cdot 1,6}{10^3 \cdot 0,82} = 0,776 \text{ kW}$$

Příkon jednoho el.motoru - P_M [kW]

$$P_M = \frac{P}{\eta_e} \quad (3.23)$$

$$P_M = \frac{0,776}{1} = 0,776 \text{ kW}$$

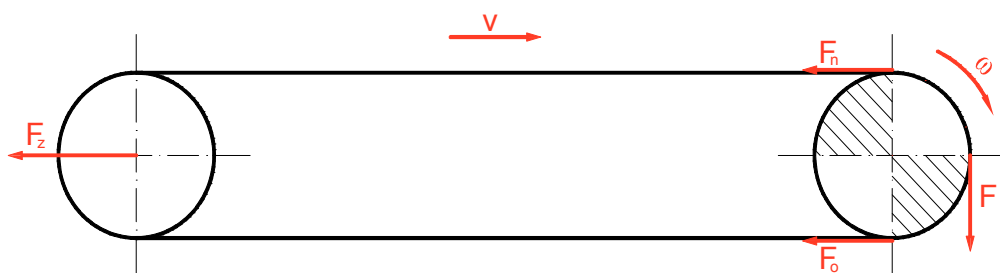
Pro pohon dopravníku volím jen jeden elektromotor.

Volím asynchronní čtyřpólový elektromotor o výkonu $P_d = 2,2 \text{ kW}$ společnosti SIEMENS typu 1LA7 106-4 s brzdou G26, jehož parametry jsou uvedeny v tab. 3.5 [9-10].

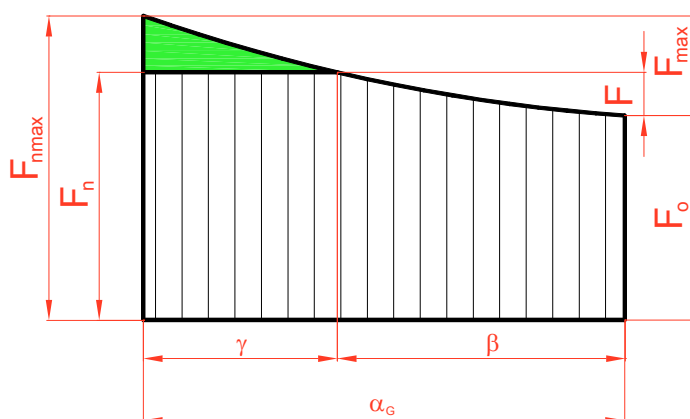
Název	Označení	Velikost	jednotka
Výkon	P	2,2	kW
účinnost	η	0,82	-
otáčky	n	1500	ot·m ⁻¹
zaběrný moment	M_z	37	N·m
brzdňý moment	M_B	32,4	N·m
hmotnost	m_M	21,5	kg
m. strvač. motoru	J_M	0,0048	Kg·m ²
m. setrvač. brzdy	J_b	0,00036	Kg·m ²

Tab. 3.5 Vlastnosti pohonu

3.3 SÍLY PŮSOBÍCÍ NA PÁSOVÝ DOPRAVNÍK



Obr. 3.4 Schéma působících sil na dopravník s nekonečným tažným prvkem



Obr.č. 3.5 Rozvinutý diagram sil na hnacím bubnu

Obvodová síla na poháněcím bubnu - F_{\max} [N]

$$\frac{F_{\max}}{F} \geq 1,3 \quad (3.24)$$

$$F_{\max} \geq 1,3 \cdot 397,8 \geq 517,2 \text{ N}$$

Podmínka stanovení odbíhající síly

$$F_0 \geq \max(F_{\min}, T_A, T_B) \quad (3.25)$$

$$F_0 = T_2 = 1\,127,5 \text{ N}$$

Zvýše uvedené podmínky pro hodnotu F_0 odpovídá síla $T_2 = 1\,127,5 \text{ N}$.

Podmínka přenosu obvodové síly třením poháněcí stanice – F_{\min} [N]

$$F_{\min} \geq \frac{F_{\max}}{e^{(\mu \cdot \alpha_G)} - 1} \quad (3.26)$$

$$F_{\min} \geq \frac{517,2}{e^{(0,25 \cdot 3,19)} - 1} \geq 433 \text{ N}$$

Podmínka dovoleného průvěsu dopravního pásu pro plnou větev– T_1 [N]

$$T_A \geq \frac{t_1 \cdot (m_p + q) \cdot g}{8 \cdot y_{\max}} \quad (3.27)$$

$$T_B \geq \frac{1 \cdot (4,5 + 13,89) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02} \geq 1\,127,5 \text{ N}$$

Podmínka dovoleného průvěsu dopravního pásu pro prázdnou větev– T_2 [N]

$$T_2 \geq \frac{t_1 \cdot (m_p + q) \cdot g}{8 \cdot y_{\max}} \quad (3.28)$$

$$T_2 \geq \frac{3 \cdot 4,5 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02} \geq 827,7 \text{ N}$$

Dovolený relativní průvės dopravního pásu $y_{\max} = 0,02$ volím z ČSN 5048 str.10.

Maximální nabíhající síla - $F_{n\max}$ [N]

$$F_{n\max} = F_0 \cdot e^{(\mu \cdot \alpha \cdot G)} \quad (3.29)$$

$$F_{n\max} = 1127,5 \cdot e^{(0,25 \cdot 3,19)} = 2\,473 \text{ N}$$

Velikost napínací síly - F_z [N]

$$F_z \geq 2 \cdot (F_0 - \sin \varepsilon \cdot m_p \cdot g \cdot H) \cdot L_D \quad (3.30)$$

$$F_z = 2 \cdot (1127,5 - \sin 3,21 \cdot 4,5 \cdot 9,81 \cdot 1,4) \cdot 25 = 2\,280 \text{ N}$$

Skutečné tahy v dopravním páse – F_{0s}, F_{ns} [N]

Skutečná síla odbíhající – F_{0s} [N]

$$F_{0s} = \frac{1}{2} \cdot F_z \pm m_p \cdot g \cdot L_D \cdot \sin \varepsilon \quad (3.31)$$

$$F_{0s} = \frac{1}{2} \cdot 2280 \pm 4,5 \cdot 9,81 \cdot 25 \cdot \sin 3,21$$

$$F_{0s\max} = 575,293 \text{ N}$$

$$F_{0s\min} = 574,744 \text{ N}$$

Skutečná síla nabíhající – F_{ns} [N]

$$F_{ns} = \frac{1}{2} \cdot F_z + F \pm m_p \cdot g \cdot L_D \cdot \sin \varepsilon \quad (3.32)$$

$$F_{ns\max} = \frac{1}{2} \cdot 2\,280 + 397,8 + 4,5 \cdot 9,81 \cdot 25 \cdot \sin 3,21 = 1\,140,2 \text{ N}$$

$$F_{ns\min} = \frac{1}{2} \cdot 2\,280 + 397,8 \pm 4,5 \cdot 9,81 \cdot 25 \cdot \sin 3,21 = 1\,139,7 \text{ N}$$

3.4 VÝPOČET KONTROL PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Kontrola pohonu při ustáleném pohybu

$$M_M > M_{SM} \quad (3.33)$$

$$14,1 \text{ N}\cdot\text{m} > 4,85 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Stat. moment od zatížení dopr. redukováný na hřídel motoru - M_{SM} [N·m]

$$M_{SM} = \left(\frac{1}{\eta_e} \right) \cdot F \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \left(\frac{1}{\eta \cdot i_p} \right) \quad (3.34)$$

$$M_{SM} = \left(\frac{1}{1} \right) \cdot 397,8 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{1}{0,82 \cdot 20} \right) = 4,85 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Jmenovitý moment elektromotoru - M_M [N·m]

$$M_M = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (3.35)$$

$$M_M = \frac{2200}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1500}{60}} = 14,1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Převodový poměr - i_p [-]

$$i_p = \frac{\frac{n_M}{60} \cdot \pi \cdot D_b}{v} \quad (3.36)$$

$$i_p = \frac{\frac{1500}{60} \cdot \pi \cdot 0,4}{1,6} = 20$$

Kontrola pohonu dopravníku na rozběh

$$M_R > (M_{SM} + M_{DM}) \quad (3.37)$$

$$35 \text{ N}\cdot\text{m} > (4,85 + 10,25) \text{ N}\cdot\text{m}$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Dynamický moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot dopravníku, redukováný na hřídel motoru - M_{DM} [N·m]

$$M_{DM} = \left[(q + 2 \cdot m_p + m_v) \cdot L_D \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_p} + \frac{2 \cdot \sum J_b}{D_b} \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_p} + \eta_e \cdot \frac{2 \cdot J_p + J_s + J_M}{D_b \cdot \eta} \right] \cdot \frac{v}{t_b} \quad (3.38)$$

$$M_{DM} = \left| (13,89 + 2 \cdot 4,5 + 6,2) \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{0,82 \cdot 20} + \frac{2 \cdot \sum 0,8}{0,4} \cdot \frac{1}{0,82 \cdot 20} + \right. \\ \left. + 1 \cdot \frac{2 \cdot 0,0028 + 0 + 0,007}{0,4 \cdot 0,82} \right| \cdot \frac{1,6}{0,43} = 10,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Rozběhový moment elektromotoru – M_R [N·m]

$$M_R = M_M \cdot 2,5 \quad (3.39)$$

$$M_R = 14,1 \cdot 2,5 = 35 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kontrola brzd

$$M_{B1} \text{ i } M_{B2} \leq M_B \quad (3.40)$$

$$9,54 \text{ N} \cdot \text{m} < 38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$2,41 \text{ N} \cdot \text{m} < 38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Brzdný moment potřebný k zastavení dopravníku – M_{B1} [N·m]

$$M_{B1} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[M_{DM} - (0,7 \cdot F_1 + F_2 + F_P) \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{\eta_{max}}{i_p} \right] \cdot k_B \quad (3.41)$$

$$M_{B1} = \frac{1}{1} \cdot \left[10,25 - (0,7 \cdot 142,5 + 190,7 + 64,6) \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,82}{20} \right] \cdot 1,3 = 9,54 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Brzdý moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu – M_{B2} [N·m]

$$M_{B2} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[(-0,7 \cdot F_1 + |F_2| - F_P) \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{\eta_{max}}{i_p} \right] \cdot k_B \quad (3.42)$$

$$M_{B2} = \frac{1}{1} \cdot \left[(-0,7 \cdot 142,5 + |190,7| - 64,6) \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,82}{20} \right] \cdot 1,3 = 2,41 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment použité brzdy – M_B [N·m]

$$M_B = 38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kontrola měrného tlaku mezi dopravním pásem a bubnem.

$$p \leq p_{dov} \quad (3.43)$$

$$0,013 \text{ MPa} < 0,15 \text{ MPa}$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Měrný tlak mezi dopravním pásem a bubnem - p [MPa]

$$p = \frac{F_{nS} + F_{oS}}{D_b \cdot B} \cdot 10^{-6} \quad (3.44)$$

$$p = \frac{1538 + 1140}{0,4 \cdot 0,5} \cdot 10^{-6} = 0,013 \text{ M} \cdot \text{Pa}$$

Maximální dovolený tlak mezi dopravním pásem a bubnem - p_{dov} [MPa]

$$p_{dov} = 0,15 \text{ MPa}$$

Kontrola dopravního pásu

$$F_{dov} \geq T_{max} \quad (3.45)$$

$$125 \cdot 10^3 \text{ N} > 1 \, 538 \text{ N}$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Výpočet maximální dovolené síly namáhající dopravní pás - F_{dov} [N]

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B \quad (3.46)$$

$$F_{dov} = 250 \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 125 \text{ kN}$$

Maximální působící síla na dopravní pás - T_{max} [N]

$$T_{max} = F_{nSmax} = 1 \, 538 \text{ N}$$

Kontrola statická bezpečnost proti prokluzu

$$k_{smin} \leq k_s \quad (3.47)$$

$$1,3 = 1,3$$

Podmínka kontroly byla splněna.

Statická bezpečnost pásového dopravníku – k_s [-]

$$k_s = \frac{F_{max}}{F} \quad (3.48)$$

$$k_s = \frac{517,2}{397,8} = 1,3$$

Minimální bezpečnost pásových dopravníků - k_{smin} [-]

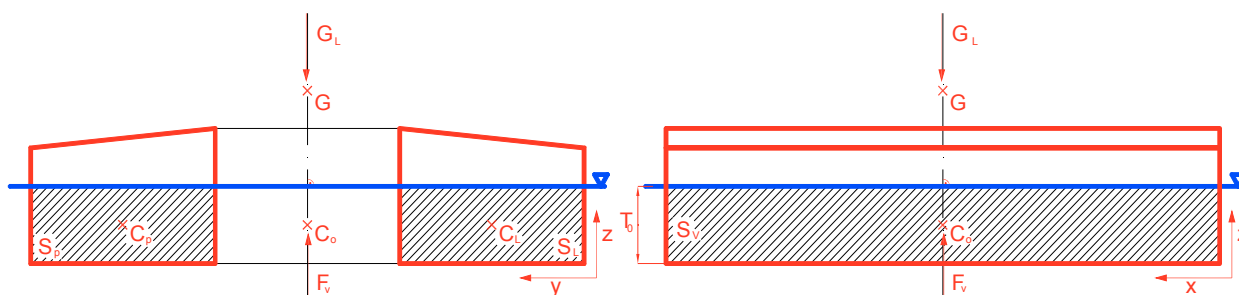
$$k_{smin} = 1,3$$

Navržený pásový dopravník pro přepravu třiceti osmi metrů krychlových mokrého štěrkopísku na vzdálenost dvaceti pěti metrů a do výšky jedna celá čtyři metrů, plní veškeré dané funkční a bezpečnostní podmínky dle normy ČSN ISO 5048.

4 PLOVATELNOST A STABILITA PLOVOUCÍHO PŘESYPU

4.1 PLOVATELNOST

Plovatelnost je vlastnost plavidla se udržet na hladině a plout. Plovatelnost těles se dá stanovit, vypočítat dle Archimédova zákona – Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny vytlačené. Na ponořené těleso působí tíhová síla - G tělesa v místě jeho těžiště T a vztlaková síla - F_v kapaliny v místě těžiště vytlačené kapaliny C [11-13].



Obr. 4.1 Plovatelnost přesypu PPD

Podmínka plovatelnosti

$$F_{vmax} \geq G_L \quad (4.1)$$

$$V_{vmax} \cdot \rho_v \cdot g \geq m \cdot g$$

$$157\,000\,N > 73\,800\,N$$

Podmínka plovatelnosti byla splněna

Maximálně možný objem výtlačku plováků - V_{vmax} [m³]

$$V_{vmax} = 2 \cdot (a \cdot b \cdot c) \quad (4.2)$$

$$V_{vmax} = 2 \cdot (1 \cdot 2 \cdot 4) = 16\,m^3$$

Maximální vztlaková síla - F_{vmax} [N]

$$F_{vmax} = V_{vmax} \cdot \rho_v \cdot g \quad (4.3)$$

$$F_{vmax} = 16 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 157\,kN$$

Tíhová síla - G_L [N]

$$G_L = M_L \cdot g \quad (4.4)$$

$$G_L = 7\,981 \cdot 9,81 = 78,3\,kN$$

Výslednice - R [N]

$$R = G_L - F_{VZ} \quad (4.5)$$

$$R = 78,3 - 157 = 78,7 \text{ kN}$$

Objem vytlačené kapaliny plováky - V_v [m³]

$$V_v = z_v \cdot 2 \cdot S_v \quad (4.6)$$

$$V_v = 0,499 \cdot 2 \cdot 8 = 7,98 \text{ m}^3$$

Výška ponoru komor při konstantním zatížení – z_v [m]

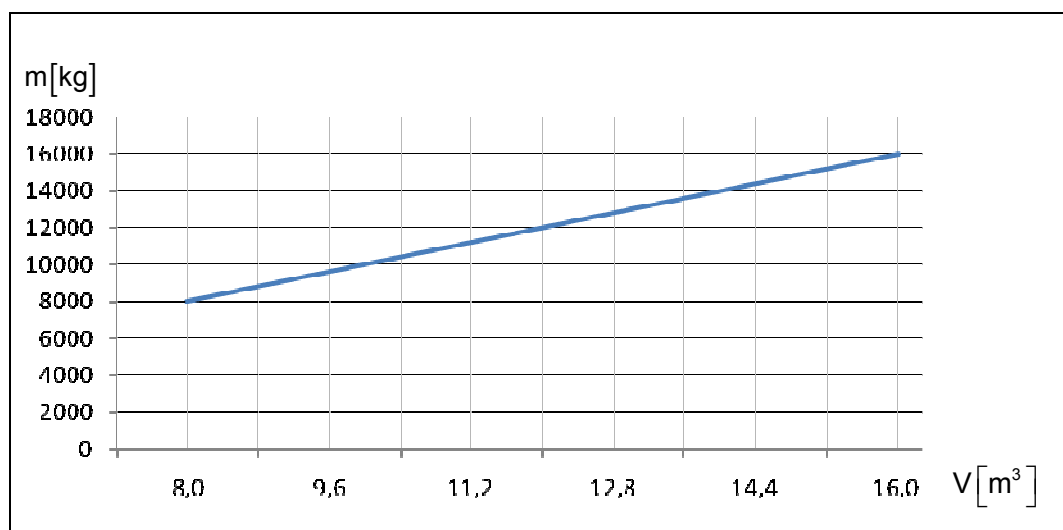
$$z_v = \frac{M_L}{S_v \cdot \rho_v} \quad (4.7)$$

$$z_v = \frac{7\,981}{16 \cdot 1\,000} = 0,499 \text{ m}$$

Plocha výtlačku dna přesypu PPD – S_v [m²]

$$S_v = 2 \cdot (b \cdot e) \quad (4.8)$$

$$S_v = 2 \cdot (2 \cdot 4) = 16 \text{ m}^2$$



Obr 4.2 Křivka výtlačku

z_v [m]	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
M_L [kg]	7981	9584	11188	12792	14396	16000
V_v [m³]	8,0	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0

Tab. 4.1 Závislost ponoru na velikosti zatížení komor

Výška paluby plováku od vodorysky při běžném provozním zatížení- z_{pal} [m]

$$z_{pal} = a - z_v \quad (4.9)$$

$$z_{pal} = 1 - 0,499 = 0,501 \text{ m}$$

Z grafu na obr. 4.1 je vidět že při působení zatížení na plováky přesypu PPD na hodnotu 16 tun dojde k zanoření plováků do hloubky 1 m pod hladinu, tedy až po jejich horní hranu paluby. Tato hodnota je kritická a může při dalším navýšení zatížení dojít k utonutí přesypu PPD. Dle navrženého řešení je možno přesyp PPD dále zatížit 8 tunami než by se dosáhlo kritické hodnoty plovatelnosti a zalití paluby plováků.

V navrženém řešení přesypu PPD je výška paluby plováku od vodorysky 0,501m při provozním zatížení. Plovatelnost je možno ještě zlepšit zvětšením plovoucích komor. Aby nedošlo dalšími úpravami ke zhoršení stability plovacího přesypu, by nemělo dojít k nárůstu výšky komor, ale spíše plochy dna.

Výpočet hmotnosti soustavy – M_L [kg]

$$M_L = m_D + m_P + m_m \quad (4.10)$$

$$M_L = 3783 + 347 + 3\,585,5 = 7\,981 \text{ kg}$$

Hodnota zatížení od pás. dopravníku - m_D [kg]

$$m_D = 3\,850 \text{ kg}$$

Hmotnost materiálu na pásovém dopravníku - m_{mat} [kg]

$$m_m = L_D \cdot q \quad (4.11)$$

$$m_m = 25 \cdot 13,89 = 347 \text{ kg}$$

Hmotnost plováku s přesypem - m_P [kg]

$$m_P = 2 \cdot m_k + m_{pr} \quad (4.12)$$

$$m_P = 2 \cdot 1368 + 1047 = 3\,783 \text{ kg}$$

Hmotnost příslušenství - m_{pr} [kg]

$$m_{pr} = 1\,047 \text{ kg}$$

Hmotnost komory - m_k [kg]

$$m_k = S_k \cdot t \cdot m_m \cdot k_k \quad (4.13)$$

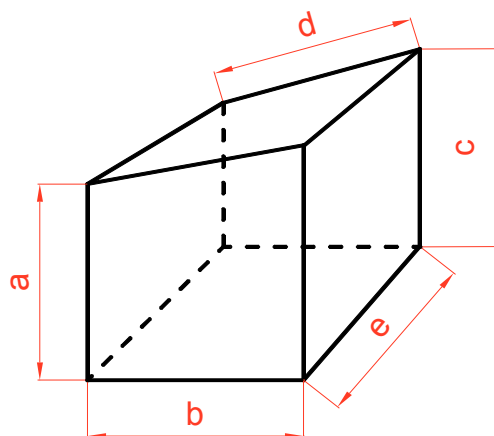
$$m_k = 33,2 \cdot 0,005 \cdot 7850 \cdot 1,05 = 1\,368 \text{ kg}$$

Pro určení hmotnosti komory vypočtu plochu všech jejích stěn, následně celkovou plochu vynásobím tloušťkou stěny, kterou volím 5 mm čímž dostanu objem použitého materiálu a dále ten bude vynásoben objemovou hmotností zvoleného materiálu železa 11 425, která je $7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pro započtení svárů a přesahů volím koeficient $k_k=1,05$ kterým se upraví výsledná hmotnost materiálu použitého na plovoucí komoru [14].

Návrh plovoucí komory a výpočet její hmotnosti

Pro stanovení ploch komory volím následující rozměry

strana	délka	jednotka
a	1	m
b	2	m
c	1,1	m
d	1,1	m
e	4	m



Tab. 4.2 Rozměry plovoucí komory

Obr. 4.4 Plovoucí komora

Celková plocha použitého materiálu na komoru - S_k [m^2]

$$S_k = e \cdot (a+b+c+d) + 4 \cdot \frac{a+c}{2} \cdot b \quad (4.14)$$

$$S_k = 4 \cdot (1+2+1,1+2,1) + 4 \cdot \frac{1+1,1}{2} \cdot 2 = 33,2 \text{ m}^2$$

4.2 STABILITA

Stabilita je schopnost vychýleného tělesa z klidového počátečního stavu se vrátit zpět do původního klidového stavu kolem osy otáčení. U plovoucích těles se určují tyto druhy stability:

Statická stabilita- jedná se o běžné provozní namáhání při provozu. Ke statickým účinkům můžeme řadit tah korečkového bagru, případně předchozí sekce dopravníku, odstředivou sílu, zatížení.

Příčná - je stabilita při pohybu kolem podélné osy (kolébaní plavidla).

Počáteční - stabilita při malých úhlech ($3-7^\circ$)

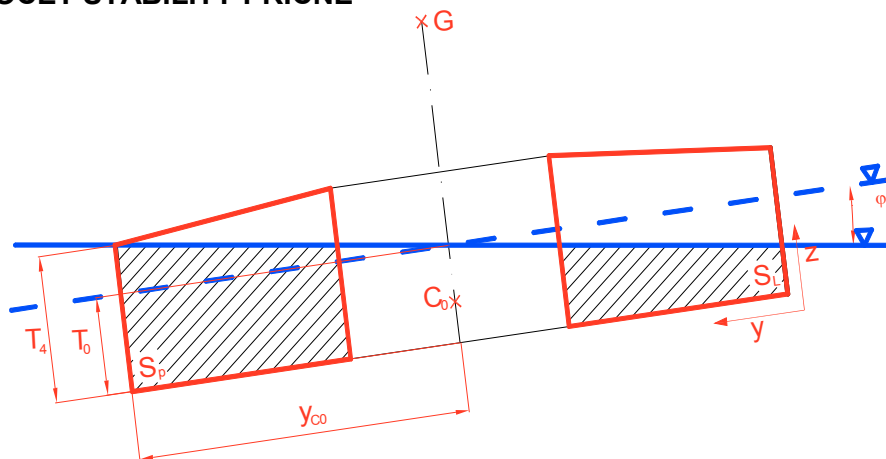
Pro velké úhly – jedná se o uhly většího náklonu

Podélná - je stabilita při pohybu kolem příčné osy (houpání plavidla)

Dynamická stabilita- je působení nahodilých a nepravidelných sil. Tyto síly jsou z pravidla větší než statické a také více ohrožují stabilitu plavidla. K dynamickým účinkům na plavidlo přesyp můžeme řadit náraz plováku na překážku (ledovou kru), působení nárazového větru na plochy konstrukcí dopravníků a přesypu .

Při náklonu plovacího přesypu z důvodu působení momentu, může dojít k okamžiku, kdy se paluba (horní hrana boční venkovní stěny) plováku dotkne hladiny obr. 4.5, nebo kdy při náklonu dojde k vynoření dna (spodní hrana venkovní boční stěny) plováku. Výpočet budu provádět do okamžiku dosažení výše uvedených podmínek.

VÝPOČET STABILITY PŘÍČNÉ



Velikost ramene stability - h [m]

$$h = \frac{\overline{MG}}{\sin \varphi} \quad (4.19)$$

$$h = \frac{8,73}{\sin 8,8} = 1,33 \text{ m}$$

Podmínka stability

$$\mathbf{ZM > ZG} \quad (4.20)$$

$$10,08 \text{ m} > 1,35 \text{ m}$$

Podmínka stability je splněna

$$ZG = z_G = 1,35 \text{ m}$$

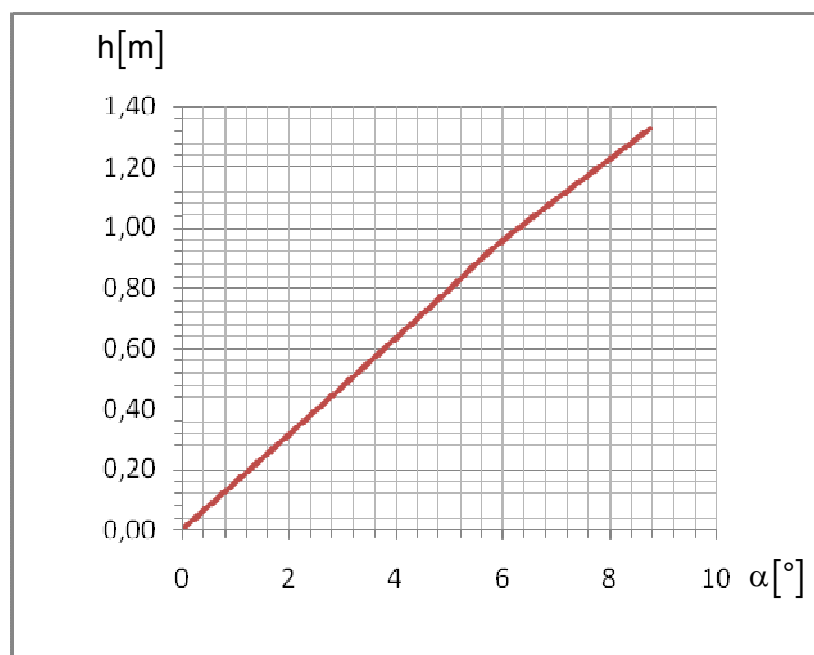
$$ZM = \overline{MC_1} + z_{C1} \quad (4.21)$$

$$ZM = 9,59 + 0,5 = 10,08 \text{ m}$$

Výpočet klopného momentu pro 1° náklonu - M_0 [N·m]

$$M_0 = D \cdot g \cdot \overline{MG} \cdot \sin 1^\circ \quad (4.22)$$

$$M_0 = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 8,73 \cdot \sin 1^\circ = 12\,364 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Obr. 4.7 Reedův diagram závislosti ramene stability na úhlu náklonu

Výpočet klopného momentu pro α_{\max} náklonu - M_K [N·m]

$$M_K = M_V = D \cdot g \cdot \overline{MG} \cdot \sin\varphi \quad (4.23)$$

$$M_K = M_V = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 8,73 \cdot \sin 8,8^\circ = 104\,141 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet vratného momentu- M_V [N·m]

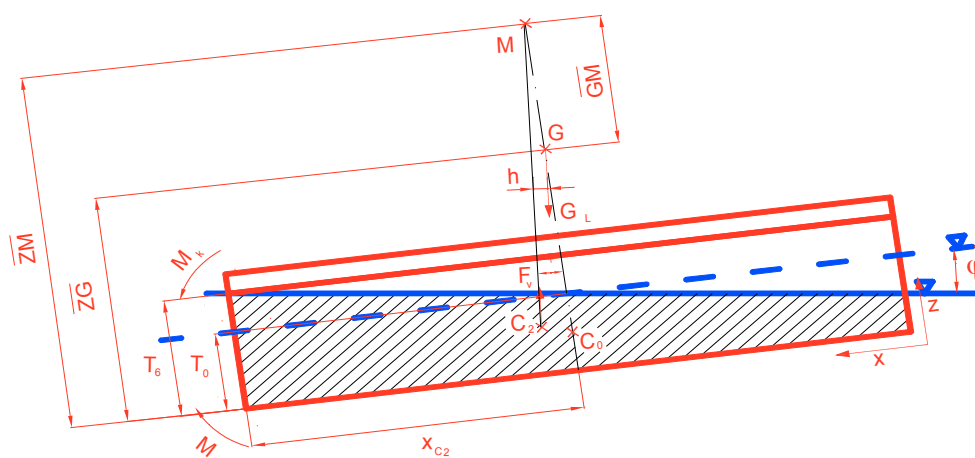
$$M_V = D \cdot g \cdot h \quad (4.24)$$

$$M_V = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 1,33 = 104\,141 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Φ [°]	0,001	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,8
T_1 [m]	0,50	0,44	0,39	0,33	0,27	0,21	0,16	0,00
T_2 [m]	0,50	0,48	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,31
T_0 [m]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
T_3 [m]	0,50	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,69
T_4 [m]	0,50	0,56	0,61	0,67	0,73	0,78	0,84	1,00
z_{cP} [m]	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,06
y_{cP} [m]	1,00	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,66
z_{cL} [m]	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,56
y_{cL} [m]	5,50	5,51	5,52	5,53	5,54	5,54	5,55	5,44
y_{c1} [m]	3,25	3,43	3,60	3,78	3,96	4,14	4,32	4,71
z_{c1} [m]	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,32	0,48
S_1 [m ²]	1,00	0,92	0,84	0,76	0,68	0,60	0,52	0,30
S_2 [m ²]	1,00	1,08	1,15	1,23	1,31	1,39	1,47	1,69
V_1 [m ³]	3,99	3,68	3,36	3,05	2,73	2,42	2,10	1,21
V_2 [m ³]	3,99	4,30	4,62	4,93	5,25	5,57	5,88	6,77
V_c [m ³]	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98
MC_1 [m]	10,15	10,15	10,16	10,16	10,17	10,19	10,21	9,59
GC_1 [m]	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,05	1,03	0,87
MG [m]	9,05	9,05	9,06	9,08	9,10	9,13	9,17	8,73
h [m]	0,0002	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,33
ZM [m]	10,40	10,40	10,41	10,43	10,45	10,48	10,52	10,08
ZG [m]	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
M_K [N·m]	12,4	12368,71	24761,5	37202,6	49716,2	62327,0	75059,5	104141,44
M_0 [N·m]	12364,06	12364,06	12364,06	12364,06	12364,06	12364,06	12364,06	12364,06
M_V [N·m]	12,4	12368,7	24761,5	37202,6	49716,2	62327,0	75059,5	104141,44

Tab. 4.3 Výpočet hodnot stability pro různé úhly náklonu

VÝPOČET STABILITY PODÉLNÉ



Obr.č. 4.7 Podélná stabilita

Výpočet úhlu - α_{\max} [°]

$$\alpha = \arctan \frac{T_6 - T_0}{x_{C2}} \quad (4.25)$$

$$\alpha = \arctan \frac{1 - 0,5}{2} = 14^\circ$$

Určení vzdálenosti - \overline{MC}_0 [m]

$$\overline{MC}_2 = \frac{x_{C2} - x_G}{\sin \alpha} \quad (4.26)$$

$$\overline{MC}_2 = \frac{2,67 - 2}{\sin 14^\circ} = 2,76 \text{ m}$$

Určení vzdálenosti - \overline{GC}_2 [m]

$$\overline{GC}_2 = z_G - z_{C2} \quad (4.27)$$

$$\overline{GC}_2 = 1,35 - 0,34 = 1,01 \text{ m}$$

Určení vzdálenosti - \overline{MG} [m]

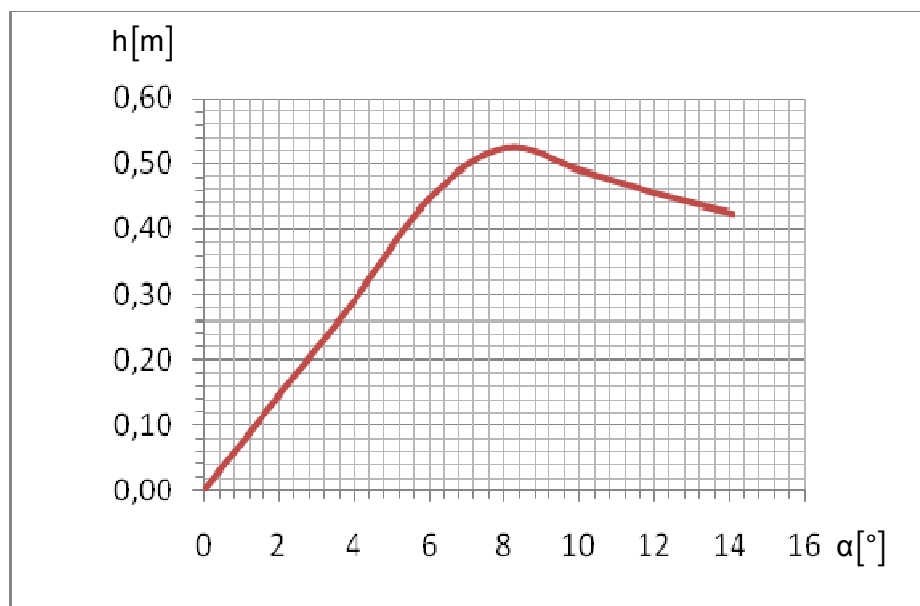
$$\overline{MG} = \overline{MC}_2 - \overline{GC}_2 \quad (4.28)$$

$$\overline{MG} = 2,76 - 1,01 = 1,74 \text{ m}$$

Velikost ramene - h [m]

$$h = \frac{\overline{MG}}{\sin \phi} \quad (4.29)$$

$$h = \frac{1,74}{\sin 7,1^\circ} = 0,42 \text{ m}$$



Obr. 4.5 Reedův diagram závislosti ramene stability na úhlu náklonu

Podmínka stability

$$ZM > ZG \quad (4.30)$$

$$2,42 \text{ m} > 1,35 \text{ m}$$

Podmínka stability je splněna

$$ZG = z_G = 1,35 \text{ m}$$

$$ZM = \overline{MC_2} + z_{C1} \quad (4.31)$$

$$ZM = 2,76 + 0,34 = 2,42 \text{ m}$$

Výpočet klopného momentu pro 1° náklonu - M_0 [N·m]

$$M_0 = D \cdot g \cdot \overline{MG} \cdot \sin 1^\circ \quad (4.32)$$

$$M_0 = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 1,74 \cdot \sin 1^\circ = 5\,722 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet klopného momentu pro úhel náklonu α - M_k [N·m]

$$M_k = M_v = D \cdot g \cdot \overline{MG} \cdot \sin \varphi \quad (4.33)$$

$$M_k = M_v = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 1,74 \cdot \sin 14^\circ = 33\,145 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet vratného momentu - M_v [N·m]

$$M_v = D \cdot g \cdot h \quad (4.34)$$

$$M_v = 7\,981 \cdot 9,81 \cdot 0,42 = 33\,145 \text{ N} \cdot \text{m}$$

	0,001	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,1	14,1
T₅ [m]	0,50	0,36	0,22	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
T₀ [m]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
T₆ [m]	0,50	0,64	0,78	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00
y_{C2} [m]	2,00	2,19	2,38	2,56	2,67	2,67	2,67	2,67
z_{C2} [m]	0,25	0,16	0,15	0,24	0,33	0,33	0,33	0,34
S_{C2} [m²]	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
V_C [m³]	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98
MC₂ [m]	5,35	5,35	5,36	5,38	4,77	3,82	3,19	2,76
GC₂ [m]	1,10	1,19	1,20	1,11	1,02	1,02	1,02	1,01
MG [m]	4,25	4,15	4,16	4,27	3,75	2,80	2,17	1,74
h [m]	0,00	0,15	0,29	0,45	0,52	0,49	0,45	0,42
ZM [m]	5,60	5,50	5,51	5,62	5,10	4,15	3,52	3,09
ZG [m]	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
M_K [N·m]	5,8	11407,8	22844,9	35119,3	41060,9	38303,7	35563,6	33145,6
M₀ [N·m]	5676,76	5676,76	5676,76	5676,76	5676,76	5676,76	5676,76	5676,76
M_V [N·m]	5,8	11407,8	22844,9	35119,3	41060,9	38303,7	35563,6	33145,6

Tab. 4.4 Vypočtené hodnoty podélné stability pro různé úhly

Výpočet souřadnic bodu – C₀ působíště společné síly výtlačku v kliduVelikosti ponoru stran plovoucích komor – T₀ = z_v = 0,5 m; pro α = 0°

$$y_{C0} = \frac{\left(b - \frac{b}{2}\right) \cdot (z_v \cdot b) + \left(2b + f - \frac{b}{2}\right) \cdot (z_v \cdot b)}{(z_v \cdot b) + (z_v \cdot b)} \quad (4.35)$$

$$y_{C0} = \frac{\left(2 - \frac{2}{2}\right) \cdot (0,5 \cdot 2) + \left(2 \cdot 2 + 2,5 - \frac{2}{2}\right) \cdot (0,5 \cdot 2)}{(0,5 \cdot 2) + (0,5 \cdot 2)} = 3,25 \text{ m} \quad (4.36)$$

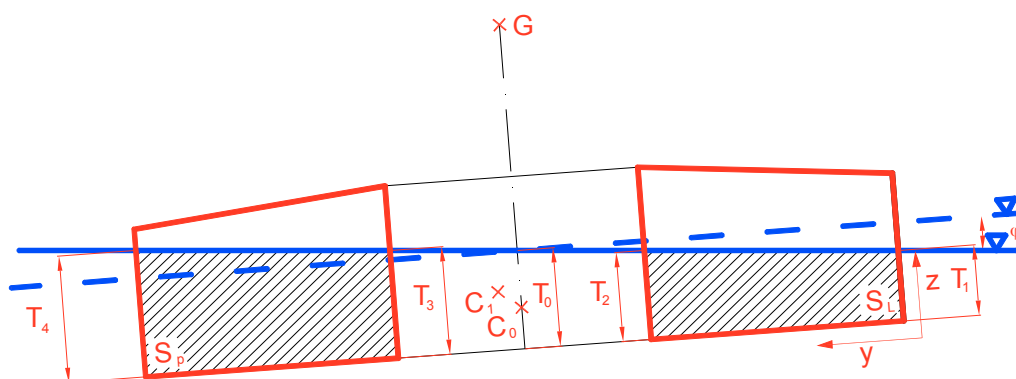
$$z_{C0} = \frac{\left(\frac{z_v}{2}\right) \cdot (z_v \cdot b) + \left(\frac{z_v}{2}\right) \cdot (z_v \cdot b)}{z_v \cdot b + z_v \cdot b}$$

$$z_{C0} = \frac{\frac{0,5}{2} \cdot (0,5 \cdot 2) + \frac{0,5}{2} \cdot (0,5 \cdot 2)}{0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 2} = 0,5 \text{ m}$$

$$x_{C_0} = \frac{\left(e - \frac{e}{2}\right) \cdot (z_v \cdot e)}{(z_v \cdot e)} \quad (4.37)$$

$$x_{C_0} = \frac{\left(4 - \frac{4}{2}\right) \cdot (0,5 \cdot 4)}{(0,5 \cdot 4)} = 2 \text{ m}$$

Výpočet souřadnic bodu – C_1 působíště společné síly výtlačku při náklonu o úhel - φ



Obr. 4.3 Velikost ponořených stran plováků přesypu

Velikosti stran plovoucích komor ponořených pod hladinu – $T_{1,2,3,4}$ pro $\alpha = 8,8^\circ$ pro příčnou stabilitu

$$T_1 = z_v - \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{1}{2} \cdot f \quad (4.38)$$

$$T_1 = 0,55 - \operatorname{tg} 8,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,5 = 0 \text{ m}$$

$$T_2 = z_{\text{vod}} - \operatorname{tg} \varphi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot f + b\right) \quad (4.39)$$

$$T_2 = 0,5 - \operatorname{tg} 8,8 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 2,5 + 2\right) = 0,31 \text{ m}$$

$$T_3 = z_v + \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{1}{2} \cdot f \quad (4.40)$$

$$T_3 = 0,5 + \operatorname{tg} 8,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,5 = 0,69 \text{ m}$$

$$T_4 = z_v + \operatorname{tg} \varphi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot f + b\right) \quad (4.41)$$

$$T_4 = 0,5 + \operatorname{tg} 8,8 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 2,5 + 2\right) = 1 \text{ m}$$

Výpočet souřadnic bodu – C₁ působíště společné síly příčné stability výtlačku
při náklonu o $\alpha = 8,8^\circ$

$$y_{C1} = \frac{(b - y_{CP}) \cdot \left(\frac{1}{2}(T_2 + T_1) \cdot b \right) + (2b + f - y_{CL}) \cdot \left(\frac{1}{2}(T_4 + T_3) \cdot b \right)}{\frac{1}{2}(T_2 + T_1) \cdot b + \frac{1}{2}(T_4 + T_3) \cdot b} \quad (4.42)$$

$$y_{C1} = \frac{(2 - 0,66) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (0,31 + 0) \cdot 2 \right) + (2 \cdot 2 + 2,5 - 5,44) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (1 + 0,69) \cdot 2 \right)}{\frac{1}{2}(0,31 + 0) \cdot 2 + \frac{1}{2}(1 + 0,69) \cdot 2}$$

$$y_{C1} = 4,71 \text{ m}$$

$$z_{C1} = \frac{(z_{CP}) \cdot \left(\frac{1}{2}(T_2 + T_1) \cdot b \right) + (z_{CL}) \cdot \left(\frac{1}{2}(T_4 + T_3) \cdot b \right)}{\frac{1}{2}(T_2 + T_1) \cdot b + \frac{1}{2}(T_4 + T_3) \cdot b} \quad (4.43)$$

$$z_{C1} = \frac{(0,06) \cdot \left(\frac{1}{2}(0,31 + 0) \cdot 2 \right) + (0,56) \cdot \left(\frac{1}{2}(1 + 0,69) \cdot 2 \right)}{\frac{1}{2}(0,31 + 0) \cdot 2 + \frac{1}{2}(1 + 0,69) \cdot 2} = 0,48 \text{ m}$$

Velikosti stran plovoucích komor ponořených pod hladinu – T_{5,6} pro $\alpha = 14,1^\circ$
pro podélnou stabilitu

$$T_5 = z_v - \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{1}{2} \cdot e \quad (4.44)$$

$$T_5 = 0,5 - \operatorname{tg} 14,1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 = 0 \text{ m}$$

$$T_6 = z_v + \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{1}{2} \cdot e \quad (4.45)$$

$$T_6 = 0,5 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \operatorname{tg} 14,1 = 1 \text{ m}$$

Výpočet souřadnic bodu – C₂ působíště společné síly výtlačku podélné stability
při náklonu o $\alpha=14,1^\circ$

$$x_{C2} = \frac{\left(e - \frac{e}{2}\right) \cdot (T_5 \cdot e) + \left(e - \frac{e}{3}\right) \cdot \left(\frac{(T_6 - T_5) \cdot e}{2}\right)}{(T_5 \cdot e) + \left(\frac{(T_6 - T_5) \cdot e}{2}\right)} \quad (4.46)$$

$$x_{C2} = \frac{\left(4 - \frac{4}{2}\right) \cdot (0 \cdot 4) + \left(4 - \frac{4}{3}\right) \cdot \left(\frac{(1-0) \cdot 4}{2}\right)}{(0 \cdot 4) + \left(\frac{(1-0) \cdot 4}{2}\right)} = 2,67 \text{ m}$$

$$z_{C2} = \frac{(T_5) \cdot (T_5 \cdot e) + \left(\frac{T_6 - T_5}{3} + T_5\right) \cdot \left(\frac{1}{2}(T_6 - T_5) \cdot e\right)}{(T_5 \cdot e) + \left(\frac{1}{2}(T_6 - T_5) \cdot e\right)} \quad (4.47)$$

$$z_{C2} = \frac{(0) \cdot (0 \cdot 4) + \left(\frac{1-0}{3} + 0\right) \cdot \left(\frac{1}{2}(1-0) \cdot e\right) 4}{(0 \cdot 4) + \left(\frac{1}{2}(1-0) \cdot 4\right)} = 0,33 \text{ m}$$

Souřadnice bodu –G působíště tíhové síly PPD přesypu

$$x_G = 2 \text{ m} ; y_G = 3,25 \text{ m} ; z_G = 1,35 \text{ m}$$

5 ZÁVĚR

Při návrhu přesypu plovoucím pásové dopravy pro odtěžení štěrkopísků jsem vycházel z dnes používané varianty konstrukce plovoucího dopravníku podepřeného plováky na svých koncích. Samotná konstrukce středové části přesypu, otoč, byla doplněna úpravou, která má zamezit vysmeknutí horního dílu ze spodního dílu otoče přesypu. Při pokusu o vytažení horního díle otoče ze spodního, dojde k zablokování díky vzájemně se přesahujícím prstencům navařeným na obou dílech otoče proti sobě. Horní díl je smontován ze čtyř celků, aby zajistil možnost vložení do spodního, následně po usazení dojde ke spojení šrouby. Tato konstrukce nyní zajišťuje vertikální pohyb dopravníků jako varianty bez této úpravy. Celková výška přesypu byla co nejvíce snížena, aby bylo dosaženo lepší stability soustavy plovoucích dopravníků. Přesyp byl v místě přívodu materiálu na spodní dopravník trychtýřovitě zúžen a pro lepší průchodnost materiálu ve směru odvodu materiálu byl v jeho stěně vyříznut otvor.

U návrhu pásového dopravníku délky 25 m dle požadovaného dopravního výkonu $80 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ jsem zvolil dopravní rychlost $1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dle požadovaných parametrů pásového dopravníku jsem při jeho návrhu a výpočtu používal standardně používaných komponentů. Na základě hodnot z dalších výpočtů volím dopravní pás šíře 0,5 m a průměr poháněcího a vratného bubnu 0,4 m, šíře bubnů je 0,6 m. Pro horní větev volím dvouválečkovou stolicí pod úhlem sklonu válečků 10° . Délka horních válečku je 315 mm a průměr 89 mm. Pro spodní vedení dopravního pásu volím jednoválečkovou stolicí s válečky o průměru 108 mm a délky 600 mm. Celkový odpor materiálu a navrženého dopravníku činí 398 N. Pohon navrženého dopravníku bude zajištěn asynchronní čtyřpólový elektromotor o výkonu 2,2 kW s brzdou, přenos síly šnekovou převodovkou s převodovým poměrem 20. Pro navržený pásový dopravník byly provedeny kontrolní výpočty, ty splňoval.

Při výpočtu plovatelnosti jsem navrhl rozměry plováků přesypu v závislosti na hmotnosti soustavy, která na ně působí. Jejich výška ponoru je 0,5 m od hladiny. Konstrukce plováku je schopna plovat při dvojnásobném zatížení své konstrukce. Ve výpočtu příčné stability pásového dopravníku na plovoucím přesypu byl vypočten úhel náklonu plováků $8,8^\circ$ kdy se dotkne paluba hladiny a rameno stability pro příčný náklon nabylo hodnoty 1,33 m. V podélné rovině má plovák při dotyku paluby s hladinou v náklonu hodnota $14,1^\circ$ a velikost ramene stability 0,42 m.

Navržená konstrukce plovoucího přesypu pásové dopravy doplňuje stávající způsoby zajištění plynulého provozu pásového dopravníku. Z hlediska plovatelnosti a stability je rozmístění a konstrukce plováků dostatečné.

6 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] O.Klinecký a kol., Doprava v lomech – VŠB-TU Ostrava, 1988
- [2] Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II, VŠB-TU Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X.
- [3] Cvekl, Z. Dražan, F.: Teoretické základy transportních zařízení, SNTL Praha, 1976
- [4] J.Polák,J.Pavliska, A.Sliva: Dopravní a manipulační zařízení I., VŠB-TU Ostrava, 2001, ISBN 80-248-0043-8
- [5] Dražan, F., Kupka, L. a kol.: Transportní zařízení. SNTL/SVTL Praha 1966.
- [6] www.gumex.cz
- [7] ČSN ISO 5048 - Zařízení pro plynulou dopravu nákladů
- [8] www.transroll.cz
- [9] www.siemens.cz
- [10] www.matis.cz
- [11] Jurenka, V., Hubert, M., Bílý, P.: Stavba a opravy lodí, NADAS Praha 1964.
- [12] Žádník, B.: Stavba a opravy lodí, NADAS Praha 1980.
- [13] L.Hrabovský: Podélná stabilita plovacího pásového dopravníku s průběžnými plováky ve 2. a 3. fázi nakládění, Zdvihací zařízení v teorii a praxi 2/2009,s 36
- [14] J.Leinveber, P.Vávra: Strojnické tabulky.Albra Č.Těšín 2003

7 SEZNAM PŘÍLOH

- příloha A:

výkresová dokumentace

název výkresu	č. dokumentu	formát	list
Plovoucí pásový dopravník	POL196-BC-1	A 2	1
Plovoucí otočný přesyp	POL196-BC-2	A 0	1

- příloha B:

CD-ROM: OBSAH

Textová část bakalářské práce

Výkresová část bakalářské práce